

# 무선 감시 시스템을 활용한 연구실 사고의 비상대응체계 개발에 대한 연구

이 만 수\*

\*호서대학교 기술경영학과

## Study on Developing Emergency Response Procedure in Laboratory accident with Wireless Detecting System

Man Soo Lee\*

\*Dept. of Management of Technology, Hoseo University

### Abstract

In these days, hazards in laboratories are consistently increasing due to high technological advance in modern science. Efforts to prevent accidents in laboratories became law named [ACT ON THE ESTABLISHMENT OF SAFE LABORATORY ENVIRONMENT]. The law made laboratories more safely but it's not enough to keep up laboratory safety in advanced countries. To improve laboratory safety, this study reformed laboratory emergency response flow chart based on each emergency scenarios and its evaluated hazards in laboratories applied wireless hazard detecting equipments.

**Keywords :** laboratory, safety, wireless, emergency, response

### 1. 서론

근래 대학 연구실에서의 연구개발 활동은 현대 과학 기술의 발달로 인해 점차 고도화, 복잡화, 융합화 됨에 따라 연구실 및 실험실에서 보유하고 운영 및 관리하는 위험기계 및 위험물질이 증가하고 연구활동 종사자들의 연구실 가용률 또한 증가하고 있다. 이에 따라 연구실에서 연구개발 활동 중 폭발, 화재, 중독, 환경오염 등으로 안전보건상의 문제를 일으킬 다양한 잠재적 요인이 내포되어 있다(우인성, “연구실 사전 유해인자 위험분석 및 제도화 추진연구”, 미래창조과학부 (2013) 1.).

연구실 안전 환경 조성에 관한 법(법률 제11690호, “연구실 안전환경 조성에 관한 법률” (2013)) 제정 이후 본격적으로 연구실 안전관리가 시작되어 현재 기

본적인 연구실 안전관리체계는 갖추어 지고 있으나, 각 연구실 특성에 맞는 전문화된 안전관리는 이루어지지 않고 있어 이에 따른 안전관리 체계 구축의 필요성이 증대되고 있다.

또한, 사고를 미연에 방지하는 예방차원의 안전관리 활동이 중요하지만, 사고 발생 시 피해량을 최소화하려는 노력 또한 예방만큼 중요하다.

본 연구에서는 연구실 내부에 무선 통신을 기반으로 한 감시 시스템을 설치하여 사고 발생 시 신속하게 연구실 안전관리센터와 연구실 관계자 및 유관기관에 사고에 대한 정보를 즉시 전파하여 빠른 시간 내에 적절한 초동대응으로 사고 대처를 할 수 있도록 무선 감시 시스템을 활용한 연구실 비상대응체계를 개발하여 기존의 연구실 사고 처리 흐름도를 개선하고자 한다.

†Corresponding Author: Man Soo Lee

Dept. of Management of Technology, Hoseo University, E-mail: mslee@hoseo.edu

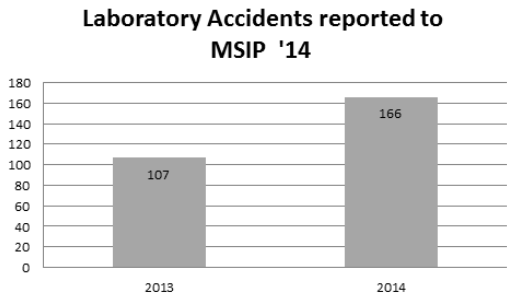
Received April 20, 2015; Revision Received May 26, 2015; Accepted May 30, 2015.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 연구실 사고 현황

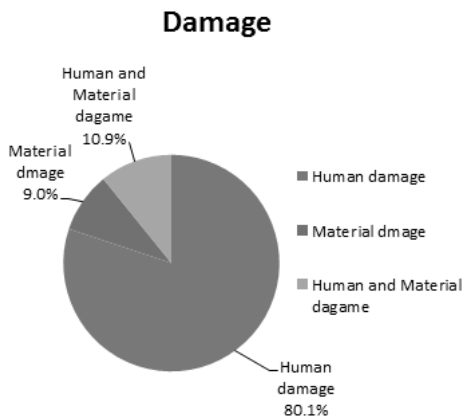
2015년 3월 미래창조과학부 연구환경안전팀에서 배포한 보도자료<sup>1)</sup>를 바탕으로 안전사고의 현황을 검토해 보았다.

이는 ○○실험실의 위험점 및 위험요소들이 어떻게, 어떤 사고로 이어질 수 있는지 분석하기 위한 자료로 사용되었다. 다음의 [Figure 1]은 미래부에 보고된 연구실사고 발생 건수이고, [Figure 2]는 연구실사고의 피해별 발생 현황이다.



[Figure 1] The Number of Lab Accident

자료에 따르면, '14년도에 미래부에 보고된 연구실사고는 총 166건으로 ' 13년 107건에 비해 증가하였다.

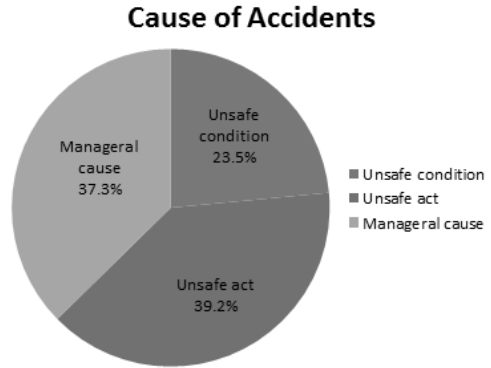


[Figure 2] Status of Damage Occurrence

166건의 전체 사고 중, 인적피해가 발생한 사고는 133건(80.1%), 물적 피해가 발생한 사고는 15건(9%), 인적·물적 피해가 동시에 발생한 사고는 18건

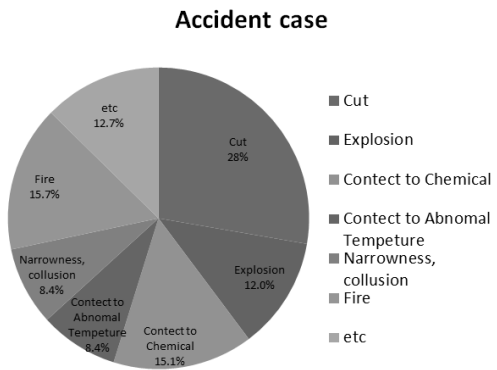
(10.9%)이다.

다음의 [Figure 3, 4]는 연구실 사고의 원인별/형태별 현황이다



[Figure 3] Status of Major Accident Cause

연구실 사고의 주요 발생원인은 불안정한 행동이 39.2%로 가장 많았고, 관리적 원인이 37.3%, 불안정한 상태가 23.5%로 그 뒤를 이었다. 여기에서 불안정한 행동이란 유해·위험물 취급 부주의나 복장보호구의 미사용, 위험장소 접근 등을 말하며, 관리적 원인에는 경험훈련의 미숙, 실험수칙 미제정/미준수 등이 있다. 마지막으로 불안정한 상태는 기계기구 자체의 결함이나 경계표시 및 설비결함 등을 말한다.



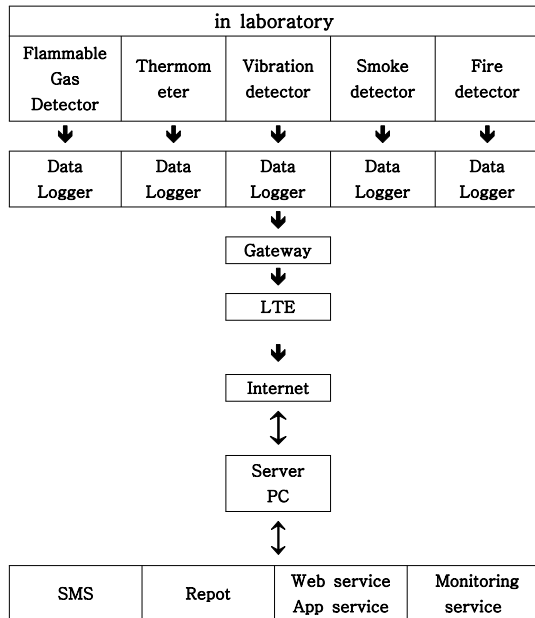
[Figure 4] Status of Accident by occurrence

발생 형태별 사고현황으로는 '날카로운 면과의 접촉' (28%), '화재' (16%), '화학물질접촉', '비산\*' (15%), '과열', '폭발' (12%), '이상온도접촉' (8%), '협착', '비래', '충돌' (8%)등의 형태가 주로 발생하였다.

1) 미래창조과학부 보도자료, “연구실 안전사고, 지속적 교육 및 안전의식 강화 필요”, 미래창조과학부 연구환경안전팀 (2015)

## 2.2 무선 감시시스템

무선 감시 시스템은 연구실 내의 출입문을 비롯한 위험기와 위험물질 등 적절한 장소에 설치된 센서와 연결되어 센서가 감지한 장비나 연구실의 환경 이상 상태 유무를 관제 센터로 송신해준다.



[Figure 5] Operation Procedure of Wireless Hazard Detection System

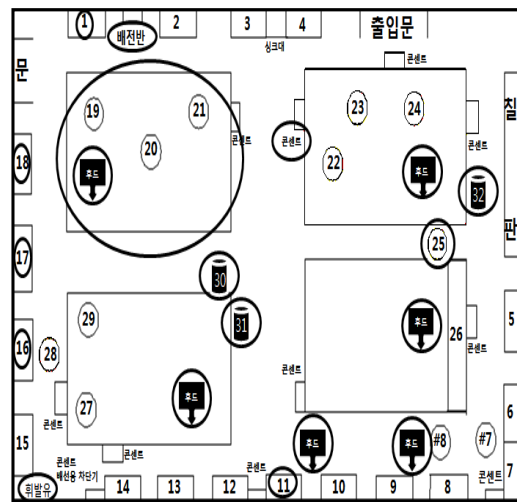
[Figure 5]는 무선 감시 시스템의 작동 과정을 나타내고 있다. 연구실에서 사고가 발생하면 각각의 센서들이 감지한 정보가 데이터 로거에 저장된다. 저장된 정보는 게이트웨이를 통해 인터넷신호를 통하여 관제시스템으로 전송한다. 실험실에서 센서가 사고를 감지하면 관제시스템을 통해 지정된 담당교수, 연구실안전 센터장, 연구실 안전 환경관리자에게 사고 알림 문자가 전송되고, 데이터 로거에 저장된 사고정보는 사고경위서를 작성 할 때 사고원인 파악에 도움을 준다. 앱 서비스를 이용하여 하나의 비상 어플리케이션을 개발하여 비상시 119소방서 및 112경찰서에 사고요청을 할 수 있도록 만든다. 모니터링 서비스는 웹 서비스를 이용하여 관제시스템에서 실험실 상황을 볼 수 있도록 하고, 앱 서비스는 비상 어플리케이션을 이용하여 언제 어디서든 휴대용 단말기로 실험실 상황을 확인 할 수 있다.

## 3. 위험요소 도출 및 사고시나리오 결정

본 연구에서는 연구실 사고 발생 시 사고 피해를 최소화하기 위한 비상대응체계를 구축하기 위하여 실험실 1개를 선정하여 위험요소를 도출하였다. 그리고 최악의 안전사고 시나리오와 발생 가능한 안전사고 시나리오를 도출하여, 최적의 센서 설치 장소를 선정하고 대상 연구실에 무선감시 시스템을 구축하였다.

### 3.1 연구실 위험요소 도출














대학 연구실로 분류되어 있는 ○○실험실을 선정하여 현장 평가를 통해 잠재적 위험요소를 도출하여 사고 발생 시 최적의 센서 설치장소를 모색하였다. 다음 [Figure 6]과 <Table 1>은 ○○실험실 배치도면과 위험요소 목록이다.



[Figure 6] ○○ Lab. Layout Drawing

2) KOSHA GUIDE X-8, “예비위험분석에 관한 지침”, 안전보건공단, (2012)

<Table 1> Hazards and Risky Points in ○○ Lab

number	name	number	name
 <1>	cabinet	 <11>	gas pipe
 <16>	storage	 <17>	sealed storage
 <18>	cabinet	 <25>	nitrogen
 <30>	waste container	 <31>	waste container
 <32>	waste container	 <Hood>	hood
 <Distributing board>	distributing board	 <<Socket>>	multi outlet
 <Gasoline>	gasoline		

### 3.2 사고시나리오 결정

연구실에서 발생 가능한 가상사고 시나리오 작성은 최악의 사고 시나리오와 발생 가능한 사고 시나리오로 나눌 수 있으며, 그 기준을 마련하기 위해 연구실 사고 사례들 중 20건을 임의로 골라 피해현황, 사고유형, 사고내용에 대해 분석을 실시한 결과 <Table 2>와 같았다. 이를 보면 가장 많은 사고가 발생된 사고 유형은 화학물질 폭발(6건)과 불안정한 행동(6건)에 의한 사고이고 그 다음으로는 가스 폭발(4건), 전기 화재(2건)였고 가스 누출(1)과 원인미상 화재(1)가 가장 적었다. 화학물질 폭발과 불안정한 행동에 의한 사고 발

생의 발생률이 높은 원인은 기계적 결함이나 제도적 문제라기보다 연구 활동 중사자의 부주의한 행동에 의한 것으로 분석된다.

<Table 2> Results of Accidents in Labs by its Type

	Big accidents	Small accidents	합계
Chemical explosion	1	5	6
Unsafely act	1	5	6
Electrical rire	1	1	2
Gas explosion	3	0	3
Gas leakage	2	0	2
Other fires	1	0	1
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>20</b>

○○실험실에서 발생할 수 있는 위험요소를 도출하며 발생할 수 있는 사고 유형을 파악하였고 사고 사례 분석을 통해 ○○실험실에서 발생할 수 있는 사고 유형별 발생률을 파악하여 가상사고 시나리오를 작성하였다. 최악의 사고 시나리오와 발생 가능한 사고 시나리오는 「연구실 사고 대응 매뉴얼」의 연구실 사고 피해 규모에 따른 분류기준을 적용하여 도출했다.<sup>3)</sup>

다음 <Table 3>은 사고 시나리오를 선정하는 기준이다.

<Table 4> Criterias of Scenario Selection

Worst Scenario	Credible Scenario
- More than 1 death	- Fatal damage : get treatment in hospital
- toll or permanently disordered	- Material damage : 1million won
- 2 or more injured who need treatment more than 3 months	
- 5 or more injured or diseased	
- Accidents occurred by major fault in laboratory	

이 기준을 통하여 <Table 4>와 같은 최악의 사고 시나리오와 발생 가능한 사고 시나리오를 결정 하였다.

3) 조남준, 차상호, “연구실 사고대응 매뉴얼”, 미래창조과학부 연구환경안전팀 (2014) 7.

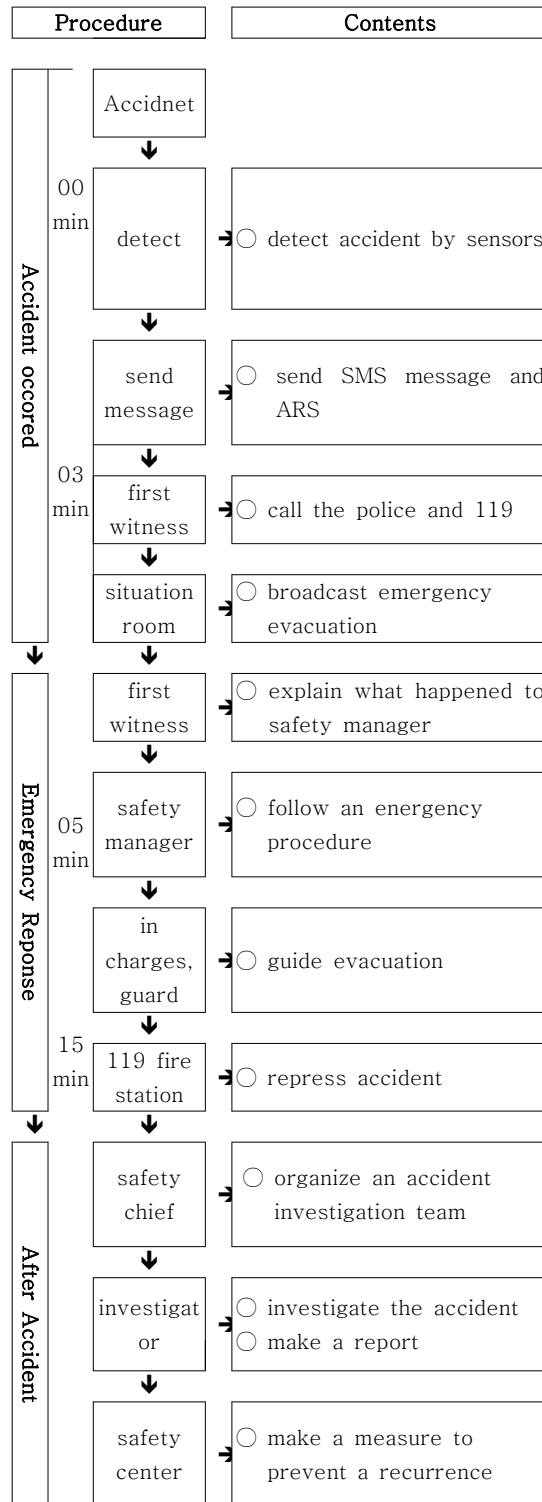
<Table 5> Determined Accident Scenario

Worst Scenario	Credible Scenario
- Damage for life or burnt down more than 50% by chemical fire	- Damage for life or material damage by chemical leakage
- Damage for life or burnt down more than 70% by electrical fire	- Damage for life or material damage by chemical fire
- Damage for life or burnt down more than 70% by chemical explosion	- Damage for life or material damage by electrical fire
- Damage for life or burnt down more than 80% by gas leakage	- Damage for life or material damage by unsafely act

#### 4. 사고시나리오 별 비상대응 체계 분석

비상대응체계는 최악의 사고 시나리오를 기준으로 도출하였다. 경미한 사고 발생 시 센서가 감지하지 못하며, 무선 감시 시스템을 사용하지 않더라도 사람이 직접 사고 처리를 할 수 있기 때문이다. 최악의 사고 시나리오를 바탕으로 분류한 사고 유형을 토대로 작성<sup>4)</sup>되었으며 이를 중앙 관제 센터의 시스템에 도입하여 순서대로 작동함으로써 초동 대응을 적절하게 하고자 한다.

<Table 6> Emergency Response System after Accident in Lab



4) 조남준, 차상호, “연구실 사고대응 매뉴얼”, 미래창조과학부 연구환경안전팀 (2014) 39~48.

## 5. 결론

연구실 내에서 사고 발생 시 화학약품에 의한 사고, 가연성 가스에 의한 사고 등 사고 발생 시 경우 사고 대응이 미숙하여 2차 피해를 야기시키는 사례들이 많았으며 이에 대한 안전관리 체계가 반드시 요구된다.

사고 발생 시 센서가 작동하여 연구실 사고를 감지하고 중앙 관제 센터에서 연구실 관계자들에게 사고 구역 상황을 알리는 문자 및 ARS전화를 발신한다. 이로 인해 사고 발생 시 최초 발견자 및 사고 당사자가 패닉에 빠지더라도 신속한 사고 상황 전파가 가능하다. 또한 연구실 주변에 존재하고 있는 사람들에게만 사고가 발생했음을 알리는 것에만 그치지 않고 연구실 관련 담당자 및 유관기관에 직접 연락함으로써 신속하고 체계적이고 전문적인 사고 처리를 할 수 있도록 한다. 연구실 사고 발생 시 얼마나 빠른 시간 안에 초기대응을 하느냐가 가장 중요하다. 온도를 사용하는 곳은 열화상 측정기, 방폭지역이 설정된 곳은 화재 감지기 센서 등을 사용 할 수 있다. 무선 감시 시스템을 이용한 비상대응체계를 통해 사고 발생 시 연구실 관계자들에게 바로 연락을 취해 사고가 발생했음을 알리고 연구실 관계자들의 역할을 구체적으로 작성하여 사고 처리에 대한 책임을 명확히 해야 한다. 연구 결과로 작성된 안을 추진하기 위해서는 선과제 추진으로 관공서와의 무선시스템활용에 대한 차별화 및 등급화를 선정해서 사전협의를 실시 하고 이안을 추진한다면 기존의 비상대응체계보다 향상된 대비 및 대응처리를 할 수 있을 것이라 사료된다.

## 6. 참고문헌

[1] Woo, I.S. (2013), "Study on PHA in Laboratory and Developing its Policy", Ministry of Science, ICT and Future Planning

[2] Korea Ministry of Government Legislation (2013), "Act on the Establishment of Safe Laboratory Environment"

[3] Report Release (2015) "Continued Education and Enhanced Safety Culture should be Guaranteed to Prevent Lab Accident", Department of Laboratory Environment Safety, Ministry of Science, ICT and Future Planning

[4] Baek, J.B. (2012), "Guidelines for PHA(Preliminary Hazard Analysis)", KOSHA GUIDE X-8

[5] Cho, N.J. Cha, S.H. (2014), "Manual of Emergency Response Procedure in Laboratory", Department of Laboratory Environment Safety, Ministry of Science, ICT and Future Planning

[6] Lim, H. Han, J.M. Jung, M.J. (2009), "Study for Build Systems and Scenarios for Prediction", Korea Institute of Science Technology Evaluation and Planning, ISSUE PAPER 2009-09

[7] Korea Occupational Safety & Health Agency (2013), "How to Develop an Accident Scenario", 2013-Education Media-1216

[8] Lee, Y.S. (2007), "A Study on the Analysis of Efficiency of Occupational Risk Assessment", Korea Occupational Safety & Health Agency, Occupational Safety & Health Research Institute

[9] Jung, H.P. (2014), "Study on the Efficient Execution of Risk Assessment for Manufacturing Business Places", Graduate School of Engineering, Yeungnam University

[10] Kim, H.D. (2014), "The Design & Implementation of Realtime Facility Management and Monitoring System based on WirelessHART/ISA100.11a", Chungnam National University

[11] Kwon, C.H. (2011), "Efficient Graph Setup Algorithm based on Time Slot Allocation in ISA100.11a", Department of Computer Engineering, Graduate School of Ajou University

[12] Kim, Y.J. (2013), "Study for Improvement Plan of Laboratory Safety in University left to Safe Blind Area", Policy Materials of Inspection of the Government Offices

[13] Department of Equipment Safety, Ministry of Facility, Yonsei University (2014), "Study on Developing Emergency Response Procedure in Laboratory"

[14] Kyonggido Northern Livestock and Veterinary Service (2014), "Emergency Response System in Laboratory"

## 저자 소개

### 이 만 수



호서대학교 안전공학과 석사, 박사  
를 취득하였으며 기업체에서  
20여년간 안전, 환경, 소방분야  
실무 경험이 있으며, 기업체 안  
전 진단 및 전문강사, 겸임교수  
를 거쳐 현재는 호서대학교 기술  
경영학과 교수로 재직중이다.